



**Prioritätsbescheinigung über die Einreichung
einer Patentanmeldung**

Aktenzeichen: 100 51.297.6

Anmeldetag: 17. Oktober 2000

Anmelder/Inhaber: Endress + Hauser GmbH & Co, Maulburg/DE

Bezeichnung: Füllstandsmeßgerät

IPC: G 01 F 23/284

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 17. Mai 2001
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident
Im Auftrag

Weihmayer

Füllstandsmeßgerät

Die Erfindung betrifft ein mit Mikrowellen arbeitendes
5 Füllstandsmeßgerät zur Messung eines Füllstandes eines
Füllgutes in einem Behälter mit einem Mikrowellengenerator,
einer von dem Mikrowellengenerator gespeisten Antenne, die
dazu dient die Mikrowellen in Richtung des Füllgutes zu
senden, einer Antenne, die dazu dient an einer
10 Füllgutoberfläche reflektierte Mikrowellen zu empfangen,
und einer Empfangs- und Auswerteschaltung, die die Laufzeit
der Mikrowellen ermittelt und daraus den momentanen
Füllstand bestimmt.

15 Bei der Füllstandsmessung werden Mikrowellen mittels einer
Antenne zur Oberfläche eines Füllguts gesendet und an der
Oberfläche reflektierten Echowellen empfangen. Es wird eine
die Echoamplituden als Funktion der Entfernung darstellende
Echofunktion gebildet, aus der das wahrscheinliche Nutzecho
20 und dessen Laufzeit bestimmt werden. Aus der Laufzeit wird
der Abstand zwischen der Füllgutoberfläche und der Antenne
bestimmt.

Herkömmliche mit Mikrowellen arbeitende Füllstandsmeßgeräte
25 verwenden derzeit Frequenzen von maximal 24 GHz. Das
entspricht einer Wellenlänge von 12 mm.

In der industriellen Meßtechnik werden regelmäßig
dielektrische Stabantennen und Hornantennen zum Senden
30 und/oder Empfangen eingesetzt. Typischerweise wird ein
Gehäuse verwendet, das einen Gehäuseabschnitt aufweist, der
die Geometrie eines kurzgeschlossenen Hohlleiters besitzt.

In den Gehäuseabschnitt mit der Hohlleitergeometrie ist ein Erregerelement eingeführt, über das Mikrowellen durch den Gehäuseabschnitt hindurch gesendet und/oder empfangen werden. Anstelle eines Erregerelementes können aber auch
5 Antennen mit planaren Antennenstrukturen zum Senden und/oder Empfangen von verwendet werden. In der am 7.9.99 angemeldeten Europäischen Patentanmeldung mit der Anmelde-
nummer 99 11 7604.1 ist eine Antenne mit planarer Antennenstruktur beschrieben, die sich zur
10 Füllstandsmessung eignet. Solche Planarantennen sind auch in dem Buch 'Einführung in die Theorie und Technik planarer Mikrowellenantennen in Mikrostreifenleitungstechnik' Gregor Gronau, Verlagsbuchhandlung Nellissen-Wolff oder in dem Zeitschriftenartikel 'Impedance of radiation slot in the
15 ground plane of a microstrip line', IEEE Trans. Antennas Propagat., Vol AP-30, Seiten 922-926, Mai 1982 beschrieben.

Die Mikrowellen werden beim Senden von einem entfernt angeordneten Mikrowellengenerator erzeugt und über
20 Koaxialleitungen zu einem Sende- und Empfangselement transportiert. In der Antenne erfolgt über das Sende- und Empfangselement eine Umwandlung von zugeführten leitungsgebundenen Mikrowellen in Mikrowellen, die sich im freien Raum ausbreiten, und umgekehrt.

25 Bei einer Hornantenne schließt sich an das Gehäuse ein trichterförmiger in behälter-zugewandter Richtung sich aufweitender das Horn bildender Abschnitt an. Im Fall der Stabantenne ist ein in den Behälter weisender Stab aus
30 einem Dielektrikum vorgesehen. Üblicherweise ist der Innenraum des Gehäuses von einem Einsatz aus einem Dielektrikum nahezu vollständig ausgefüllt. Im Fall der Hornantenne weist der Einsatz ein kegelförmiges in den Behälter weisendes Ende auf. Bei Stabantennen schließt sich
35 an den Einsatz die stabförmige Antenne an.

Die Füllstandsmessung kann mit einer einzigen Antenne, die sowohl zum Senden als auch zum Empfangen von Mikrowellen dient erfolgen. Es kann aber auch eine Antenne zum Senden und eine weitere Antenne zum Empfangen der an der Füllgutoberfläche reflektierten Mikrowellen eingesetzt werden.

Zur Bestimmung des Füllstandes können alle bekannten Verfahren angewendet werden, die es ermöglichen, verhältnismäßig kurze Entfernungen mittels reflektierter Mikrowellen zu messen. Die bekanntesten Beispiele sind das Pulsradar und das Frequenzmodulations-Dauerstrichradar (FMCW-Radar).

Beim Pulsradar werden periodisch kurze Mikrowellen-Sendeimpulse, im folgenden als Wellenpakete bezeichnet, gesendet, die von der Füllgutoberfläche reflektiert und nach einer abstandsabhängigen Laufzeit wieder empfangen werden. Die empfangene Signalamplitude als Funktion der Zeit stellt die Echofunktion dar. Jeder Wert dieser Echofunktion entspricht der Amplitude eines in einem bestimmten Abstand von der Antenne reflektierten Echos.

Beim FMCW-Verfahren wird eine kontinuierliche Mikrowelle gesendet, die periodisch linear frequenzmoduliert ist, beispielsweise nach einer Sägezahnfunktion. Die Frequenz des empfangenen Echsignals weist daher gegenüber der Augenblicksfrequenz, die das Sendesignal zum Zeitpunkt des Empfangs hat, eine Frequenzdifferenz auf, die von der Laufzeit des Echsignals abhängt. Die Frequenzdifferenz zwischen Sendesignal und Empfangssignal, die durch Mischung beider Signale und Auswertung des Fourierspektrums des Mischsignals gewonnen werden kann, entspricht somit dem Abstand der reflektierenden Fläche von der Antenne. Ferner

entsprechen die Amplituden der Spektrallinien des durch Fouriertransformation gewonnenen Frequenzspektrums den Echoamplituden. Dieses Fourierspektrum stellt daher in diesem Fall die Echofunktion dar.

5

Bei herkömmlichen Füllstandsmeßgeräten tritt das Problem auf, daß die Mikrowellen nicht nur in die gewünschte Senderichtung ausgestrahlt werden. Die Antenne weist eine Richtcharakteristik mit einer Strahlungskeule mit einem Öffnungswinkel auf, der ein Maß für die Streubreite der gesendeten Mikrowellen ist. Es werden somit nicht nur Mikrowellen empfangen, die den direkten Weg zur Füllgutoberfläche und zurück zurückgelegt haben, sondern auch solche Mikrowellen, die einen Umweg, z.B. eine zusätzliche Reflektion an der Behälterwand, zurückgelegt haben. Während die zuerst genannten Mikrowellen das Nutzecho bilden, formen die zuletzt genannten Mikrowellen Störsignale, die sich dem Nutzecho überlagern und zu unter Umständen erheblichen Meßfehlern führen können.

20

Um die Meßgenauigkeit und die Zuverlässigkeit von diesen Füllstandsmeßgeräten zu verbessern, gilt es diese Störsignale so weit wie möglich zu reduzieren. Dies kann z.B. durch eine Verbesserung der Richtcharakteristik der Antenne erzielt werden. Es ist möglich den Öffnungswinkel der Strahlungskeule zu reduzieren, indem man eine Apertur der Antenne vergrößert. Diesem Vorgehen sind jedoch Grenzen gesetzt, da eine größere Apertur einen größeren Antennendurchmesser bedingt und die Antenne üblicher Weise durch eine Behälteröffnung am Meßort z.B. in einen Tank eingebracht werden muß.

30

Bei vielen Anwendungen ist ein am Meßort zur Anbringung des Füllstandsmeßgeräts vorgesehener Platz gering. Es werden z.B. häufig Behälteröffnungen mit Stutzen und darauf

35

angeordneten Flanschen vorgesehen, die eine Nennweite von 50 mm bis 100 mm aufweisen. Dieses Maß stellt eine obere Grenze für den Antennendurchmesser, die Apertur, dar.

5 Es ist eine Aufgabe der Erfindung ein mit Mikrowellen arbeitendes Füllstandsmeßgerät anzugeben, das im Betrieb in Senderichtung stark gebündelte Mikrowellen sendet und eine Antenne mit einem geringen Platzbedarf aufweist.

10 Hierzu besteht die Erfindung in einem mit Mikrowellen arbeitenden Füllstandsmeßgerät zur Messung eines Füllstandes eines Füllgutes in einem Behälter mit

- einem Mikrowellengenerator,
- zur Erzeugung von Mikrowellen mit Frequenzen größer
- 15 40 GHz,
- einer von dem Mikrowellengenerator gespeisten Antenne, die dazu dient die Mikrowellen in Richtung des Füllgutes zu senden,
- einer Antenne, die dazu dient an einer
- 20 Füllgutoberfläche reflektierte Mikrowellen zu empfangen, und
- einer Empfangs- und Auswerteschaltung,
- die eine Laufzeit der Mikrowellen ermittelt und daraus den momentanen Füllstand bestimmt.

25 Gemäß einer Ausgestaltung ist der Mikrowellengenerator unmittelbar an der Antenne angeordnet.

Gemäß einer anderen Ausgestaltung ist der

30 Mikrowellengenerator über einen passiven Wellenleiter mit der Antenne verbunden.

Gemäß einer Ausgestaltung der letztgenannten Ausgestaltung ist der passive Wellenleiter ein Hohlleiter.

Gemäß einer Ausgestaltung ist ein Produkt aus einer Apertur der Antenne und einer Wellenlänge der Mikrowellen deutlich kleiner als 500 mm^2 .

- 5 Gemäß einer Ausgestaltung ist das Füllgut ein Schüttgut, und die Wellenlänge der Mikrowellen liegt in der Größenordnung einer mittleren Korngröße des Schüttguts oder ist kleiner als diese.
- 10 Ein Vorteil der Erfindung besteht darin, daß die Mikrowellen aufgrund der im Vergleich zu herkömmlichen mit Mikrowellen arbeitenden Füllstandsmeßgeräten sehr hohen Frequenz auch Füllstandsmessungen bei Schüttgütern, die einen Schüttkegel bilden, durchgeführt werden können.
- 15 Aufgrund der hohen Frequenz ist die Wellenlänge der Mikrowellen gering. Untersuchungen haben gezeigt, daß Füllstandsmessungen möglich sind, solange die Wellenlänge die Größenordnung der Korngröße nicht überschreitet.
- 20 Die Erfindung und weitere Vorteile werden nun anhand der Figuren der Zeichnung, in denen zwei Ausführungsbeispiele dargestellt sind, näher erläutert; gleiche Teile sind in den Figuren mit gleichen Bezugszeichen versehen.
- 25 Fig. 1 zeigt schematisch eine Meßanordnung mit einem auf einem Stutzen auf einem Behälter angeordneten mit Mikrowellen arbeitenden Füllstandsmeßgerät;
- 30 Fig. 2 zeigt eine schematische Darstellung eines erfindungsgemäßen Füllstandsmeßgeräts, bei dem der Mikrowellengenerator unmittelbar an der Antenne angeordnet ist;
- 35 Fig. 3 zeigt eine Draufsicht auf eine in Senderichtung

weisende Seite der Platine von Fig. 2;

Fig. 4 zeigt eine Draufsicht auf eine von der
Senderichtung abgewandten Seite der Platine
von Fig. 2;

Fig. 5 zeigt eine schematische Darstellung eines
erfindungsgemäßen Füllstandsmeßgeräts, bei dem
der Mikrowellengenerator über einen passiven
Wellenleiter an die Antenne angeschlossen ist;

Fig. 6 zeigt ein Blockschaltbild eines erfindungsgemäßen
Füllstandsmeßgeräts, bei dem eine Antenne zum
Senden und zum Empfangen von Mikrowellen dient;
und

Fig. 7 zeigt ein Blockschaltbild eines erfindungsgemäßen
Füllstandsmeßgeräts, bei dem eine erste Antenne
zum Senden und eine zweite Antenne zum Empfangen
von Mikrowellen dient.

Fig. 1 zeigt schematisch eine Meßanordnung mit einem auf
einem Stutzen 1 auf einem Behälter 3 angeordneten mit
Mikrowellen arbeitenden Füllstandsmeßgerät 5. Das
Füllstandsmeßgerät 5 weist einen Flansch 7 auf mittels
dessen es auf einem am Stutzen 1 vorgesehenen Gegenflansch
befestigt ist. Das Füllstandsmeßgerät 5 umfaßt eine Antenne
9, die durch den Stutzen 1 hindurch in den Behälter 3
hinein ragt.

Der Behälter ist mit einem Füllgut 11, dessen Füllstand zu
messen ist, gefüllt. In dem gewählten Ausführungsbeispiel
ist das Füllgut 11 ein Schüttgut, das einen Schüttkegel
bildet.

Das Füllstandsmeßgerät 5 weist einen Mikrowellengenerator 13 auf, der im Betrieb Mikrowellen mit Frequenzen größer 40 GHz erzeugt. Als Mikrowellengenerator 13 eignet sich z.B. ein in planarer Schaltungstechnik aufgebautes Pulsradar-Gerät, ein in planarer Schaltungstechnik aufgebautes FMCW-Gerät oder ein in planarer Schaltungstechnik aufgebauter kontinuierlich schwingender Mikrowellen-Oszillator, z.B. ein Gunn-Oszillator.

Die Antenne 9 wird von dem Mikrowellengenerator 13 gespeist, und dient dazu die Mikrowellen in Richtung des Füllgutes 11 zu senden. In dem dargestellten Ausführungsbeispiel dient die Antenne 9 weiter dazu an einer Füllgutoberfläche reflektierte Mikrowellen zu empfangen.

Die empfangenen Mikrowellen werden einer Empfangs- und Auswerteschaltung 15 zugeführt, die eine Laufzeit der Mikrowellen von der Antenne 9 zur Füllgutoberfläche und zurück ermittelt und daraus den momentanen Füllstand bestimmt. Ein Ausführungsbeispiel für eine solche Empfangs- und Auswerteschaltung 15 ist in Fig. 6 dargestellt und nachfolgend näher erläutert.

Anstelle einer einzigen Antenne 9 zum Senden und Empfangen können selbstverständlich auch zwei Antennen vorgesehen sein, von denen eine zum Senden und eine weitere Antenne zum empfangen der reflektierten Mikrowellen dient. Ein Ausführungsbeispiel einer in Verbindung mit zwei Antennen einsetzbaren Empfangs- und Auswerteschaltung ist in Fig. 7 dargestellt und wird nachfolgend näher erläutert.

Die gesendeten Frequenzen liegen vorzugsweise innerhalb von durch die jeweiligen nationalen Sicherheitsbehörden zugelassenen Frequenzbändern. So sind z.B. in Europa und

USA für Pulsradargeräte Frequenzen von ca. 77 GHz.
bevorzugt einzusetzen.

5 Je höher die gesendeten Frequenzen sind, umso gerichteter
erfolgt die Abstrahlung Mikrowellen bei gleicher
Antennenapertur. Hohe Frequenzen erfordern jedoch auch
aufwendigere elektronische Bauteile zu deren Erzeugung und
Verarbeitung. Untersuchungen haben gezeigt, daß mit
10 Frequenzen oberhalb von 40 GHz eine zuverlässige
Füllstandmessung auch bei sehr hohen Behältern, von z.B.
30 m Höhe, mit kleinen Behälteröffnungen, z.B. Stutzen mit
Durchmessern von 50 mm oder 100 mm, möglich ist.

Vorzugsweise ist ein Produkt aus einer Apertur D der
15 Antenne und einer Wellenlänge λ der Mikrowellen deutlich
kleiner als 500 mm^2 . Ist dies der Fall, so weisen die zu
sendenden Mikrowellen eine sehr gute Richtcharakteristik
mit einer Strahlungskeule mit sehr geringem Öffnungswinkel
auf. Entsprechend sehr gering ist dann der Anteil der
20 Mikrowellen der nicht auf direktem Wege zur
Füllgutoberfläche und von dort zurück zur Antenne 9
gelangt. Aufgrund des geringen Anteils von Störsignalen ist
die Füllstandsmessung sehr zuverlässig durchführbar.

25 Vorzugsweise liegt bei Füllstandsmessungen von Schüttgütern
die Wellenlänge der Mikrowellen in der Größenordnung einer
mittleren Korngröße des Schüttguts oder sie ist kleiner als
diese. Hierdurch wird erreicht, daß die Mikrowellen
bildlich gesprochen an einzelnen Körnern des Schüttgutes
30 und nicht an einer unter Umständen stark geneigten
Schüttkegeloberfläche reflektiert werden.

Bei dieser Reflektion an einzelnen Schüttgutkörnern ist der
Anteil von Mikrowellen der auf direktem Weg in Richtung der
35 Antenne 9 zurück reflektiert wird deutlich größer als bei

einer Reflektion an einer geneigten Oberfläche. Bei letzterer wird der überwiegende Anteil der Mikrowellen unter einem durch die Neigung der Oberfläche bedingten Winkel zurück reflektiert und gelangt wenn überhaupt, dann
5 nur auf einem Umweg, z.B. über eine Reflektion an einer Behälterwand zurück zur Antenne 9.

Als ein Grenzbeispiel hierfür sei die Reflektion von Mikrowellen mit einer Frequenz von 77 GHz, das entspricht
10 einer Wellenlänge von ca. 4 mm, an Kunststoffpellets, z.B. Polythylen mit einer mittleren Korngröße von 2 mm, genannt. Die mittlere Korngröße liegt in der gleichen Größenordnung wie die verwendeten Mikrowellen-Wellenlänge, so daß eine zuverlässige Füllstandsmessung noch möglich ist, obwohl
15 dieses Füllgut im Behälter Schüttkegel bildet. Mikrowellen mit Frequenzen oberhalb von 40 GHz lassen sich nicht, wie bisher in der Füllstandmeßtechnik üblich, mit preiswerten Kabeln, z.B. den weit verbreiteten relativ kostengünstigen Koaxialleitungen transportieren. Es werden
20 heute speziell angefertigte teure Koaxialleitungen für diese hohen Frequenzen verwendet. Diese sind jedoch im Vergleich zu herkömmlichen Koaxialleitungen sehr teuer.

Es besteht zum einen die Möglichkeit, die Mikrowellen
25 unmittelbar dort zu produzieren, wo sie auch abgestrahlt werden, also direkt an der Antenne 9. Ausführungsbeispiele bei denen ein Mikrowellengenerator unmittelbar an einer Antenne angeordnet sind, sind in der Deutschen Patentanmeldung mit dem Aktenzeichen 100 23 497.6 mit dem
30 Anmeldetag 13.5.2000 beschrieben. Ein Ausführungsbeispiel gemäß dieser Patentanmeldung ist in Fig. 2 dargestellt und nachfolgend kurz erläutert.

In dem gezeigten Ausführungsbeispiel ist die Antenne 9 eine
35 Hornantenne und weist einen einseitig endseitig durch eine

Rückwand 16 kurzgeschlossenen zylindrischen Hohlleiter 15 und ein sich daran in Senderichtung anschließendes trichterförmiges Horn 17 auf. Die Senderichtung ist in Fig. 2 durch einen Pfeil S symbolisiert. Ein Durchmesser des
5 Horns 17 nimmt in Senderichtung zu. Der Hohlleiter 15 und das Horn 17 bestehen aus einem elektrisch leitfähigen Material, z.B. einem Edelstahl. Im Inneren des Hohlleiters 15 ist ein Einsatz 19 aus einem Dielektrikum, z.B. aus Polytetrafluorethylen (PTFE), angeordnet, der im
10 wesentlichen zylindrisch ist und den Hohlleiter 15 ausfüllt. Der Einsatz 19 weist eine konische in das Horn 17 hineinragende Spitze auf.

Der Einsatz 19 dient hauptsächlich zum Schutz vor
15 chemischen und/oder mechanischen Einwirkungen. In einer Meßumgebung, in der ein solcher Schutz nicht erforderlich ist, kann das Füllstandsmeßgerät auch ohne Einsatz 19 eingesetzt werden.

Unmittelbar an der Antenne 9 ist der Mikrowellengenerator 13 zur Erzeugung von Mikrowellen angeordnet. Der
20 Mikrowellengenerator 13 ist beispielsweise ein in planarer Schaltungstechnik aufgebautes Pulsradar-Gerät, ein in planarer Schaltungstechnik aufgebautes FMCW-Gerät oder ein
25 in planarer Schaltungstechnik aufgebauter kontinuierlich schwingender Mikrowellen-Oszillator, z.B. ein Gunn-Oszillator. Er befindet sich auf einer in den Hohlleiter 15 hineinragenden Platine 21 und ist unmittelbar mit einem in die Antenne 9 hineinweisenden Sende- und Empfangselement 23
30 verbunden.

Auf der Platine 21 können weitere, in Fig. 2 nicht dargestellte, elektronische Schaltungselemente, die zur Aufnahme, Umwandlung und Verarbeitung von
35 Mikrowellensignale geeignet sind, z.B. Filter,

Richtkoppler, Mischer und dergleichen, angeordnet sein. Diese Bauteile sind ebenfalls in planarer Schaltungstechnik realisierbar. Dient die Antenne 9 zum Senden und zum Empfangen, so ist beispielsweise ein Richtkoppler
5 vorzusehen, über den Mikrowellen vom Mikrowellengenerator 13 zum Sende- und Empfangselement 23 gelangen und vom Sende- und Empfangselement 23 empfangene Mikrowellen zu einer die Echossignale weiterverarbeitenden Einheit gelangen.

10

Das Sende- und Empfangselement 23 ist eine Verlängerung der Verbindung zwischen Mikrowellengenerator 13 und dem Sende- und Empfangselement 23. Die Platine 21 weist einen Abschnitt 25 auf, der durch eine Ausnehmung 27 in dem
15 Hohlleiter 15 seitlich in die Antenne 9 eingeführt ist. Der Abschnitt 25 ist parallel zu der Rückwand 13 und von dieser beabstandet angeordnet und auf dem Abschnitt 25 ist das Sende- und Empfangselement 23 angeordnet.

20

Als Verbindung und als Sende- und Empfangselement 23 dient mindestens eine auf dem Abschnitt 25 angeordnete Mikrostreifenleitung. Eine Mikrowellen abstrahlende Oberfläche der Mikrostreifenleitung weist in dem dargestellten Ausführungsbeispiel in Senderichtung. Andere
25 Orientierungen der abstrahlenden Oberfläche, z.B. in Richtung der Rückwand 13, sind prinzipiell auch möglich.

30

Der Mikrowellengenerator 13 ist direkt, insb. ohne Zwischenfügung einer an deren beiden Enden anzuschließenden Zuleitung, mit der Mikrostreifenleitung und damit mit dem durch diese gebildeten Sende- und Empfangselement 23 verbunden.

Fig. 3 zeigt eine Draufsicht auf eine in Senderichtung

weisende Seite der Platine 21 von Fig. 2 und Fig. 4 zeigt eine Draufsicht auf eine von der Senderichtung abgewandten Seite der Platine 21 von Fig. 2.

5 Wie aus Fig. 3 und Fig. 4 ersichtlich umfaßt das Sende- und Empfangselement 23 in dem gezeigten Ausführungsbeispiel eine Mikrostreifenleitung 27, die gerade ist. Sie verläuft auf einer in Senderichtung weisenden Fläche des Abschnitt 25 der Platine 21 und endet im Inneren des Hohlleiters 15.

10

Zur Verbesserung der Sendeeigenschaften ist auf die Mikrostreifenleitung endseitig im Inneren des Hohlleiters 15 ein in Senderichtung weisender elektrisch leitfähiger Körper 29 aufgebracht.

15

Platinen mit Mikrostreifenleitungen weisen üblicherweise auf deren der die Leitungsstruktur aufweisenden Oberfläche gegenüberliegenden Oberfläche eine elektrisch leitfähige Beschichtung auf, die mit Masse oder einem anderen

20

Bezugspotential verbunden ist. Wie in Fig. 4 dargestellt, weist die Platine 21 ebenfalls eine mit einem Bezugspotential U verbundene Beschichtung 31 auf.

Simulationsrechnungen und Versuche haben jedoch gezeigt, daß sich die Sendeleistung verbessert, wenn zumindest der in dem Hohlleiter 15 befindliche Abschnitt 25 beschichtungsfrei ist.

Die Geometrie des Sende- und Empfangselementes 23 ist zur Füllstandsmessung vorzugsweise für eine Anregung des in Rundhohlleitern ausbreitungsfähigen transversal-

30 elektrischen 11 Modes (TE-11) ausgelegt. Dieser Mode weist eine Abstrahlcharakteristik mit einer ausgeprägten Vorwärtskeule auf und ist daher zum gerichteten Senden von Mikrowellen besonders geeignet. Durch Simulationsrechnungen

35 können dann die Abmessungen von Hohlleiter und

Mikrostreifenleitungen für eine gewünschte Frequenz optimiert werden. Bei Mikrowellensignalen, die ein Frequenzspektrum mit einer Bandbreite aufweisen kann eine Mittenfrequenz oder eine Frequenz, die ein wesentlicher
5 Anteil der zu sendenden Mikrowellenleistung aufweist, bei der Optimierung zugrunde gelegt werden.

Die Erfindung ist jedoch weder auf Rundhohlleiter noch auf den TE-11 Mode beschränkt sondern kann analog auch bei
10 anderen Hohlleiterquerschnitten, z.B. Rechteckhohlleitern, und anderen Ausbreitungsmoden eingesetzt werden.

Bei einigen Anwendungen ist es, z.B. wegen in der Umgebung der Antenne 9 möglicherweise auftretenden Temperaturen,
15 nicht möglich, den Mikrowellengenerator unmittelbar an der Antenne anzubringen. In solchen Fällen besteht die Möglichkeit, die Mikrowellen entfernt von der Antenne zu erzeugen und mittels eines passiven Wellenleiters zur Antenne 9 zu führen. Ein Ausführungsbeispiel, bei dem der
20 Mikrowellengenerator 13 über einen passiven Wellenleiter 33 mit der Antenne 9 verbunden ist, ist in Fig. 5 schematisch dargestellt.

Genau wie bei dem in Fig. 1 dargestellten
25 Ausführungsbeispiel weist das Füllstandsmeßgerät einen durch eine Rückwand 16 endseitig kurzgeschlossenen Hohlleiter 15 auf. Dieser Hohlleiter 15 ist von dem in den Behälter 3 eingeführten Abschnitt der Antenne 9 beabstandet. In den Hohlleiter ist nahe der Rückwand 16 und
30 von dieser beabstandet ein Sende- und Empfangselement 35, z.B. ein pilzformiger Metallstift, eingeführt, der unmittelbar an den Mikrowellengenerator 13 angeschlossen ist.

In dem dargestellten Ausführungsbeispiel ist der passive Wellenleiter 33 ein Hohlleiter, hier ein Rundhohlleiter, der von dem Hohlleiter 15 zum Behälter 3 führt. In den Behälter 3 führt, genau wie bei dem in Fig. 1 dargestellten Ausführungsbeispiel eine Hornantenne. Diese weist ein trichterförmiges Horn 17 und einen daran angeformten aus dem Behälter 3 heraus führenden einen Hohlleiter bildenden zylindrischen Abschnitt 37 auf. Der zylindrische Abschnitt 37 bildet eine Fortsetzung des passiven Wellenleiters 33 und weist einen daran angeformten sich radial nach außen erstreckenden Flansch auf, mittels dessen zumindest der in den Behälter 3 hineinragende Abschnitt des Füllstandsmeßgeräts 5 auf dem Behälter 3 montiert wird. Je nach Länge des passiven Wellenleiters 33 kann weiter entfernt vom Behälter 3, z.B. im Bereich des Hohlleiters 15 eine weitere Befestigungsvorrichtung erforderlich sein, um den Hohlleiter 15 und z.B. ein den Mikrowellengenerator 13 und die Empfangs- und Auswerteschaltung 15 einschließendes, in Fig. 5 nicht dargestelltes Gehäuse zu befestigen.

Andere Formen von passiven Wellenleitern, die zum Transport von Mikrowellen mit Frequenzen größer 40 GHz geeignet sind, können selbstverständlich ebenfalls eingesetzt werden. So können z.B. anstelle des in Fig. 5 dargestellten Hohlleiters, der eine direkte zum Hohlleiter 37 führende Verlängerung des Hohlleiters 15 darstellt, auch andere Hohlleitergeometrien eingesetzt werden. So können, z.B. mittels entsprechender Übergangselemente, die eine Impedanzanpassung und/oder Modenwandelung bewirken, z.B. Trichtern oder Übergangselemente, deren Querschnitt sich kontinuierlich ändern, Hohlleitersegmente mit anderen Querschnittsformen oder anderen Durchmessern zur Mikrowellenleitung eingesetzt werden.

Fig. 6 zeigt ein Blockschaltbild eines nach dem Pulsradarverfahren arbeitenden Füllstandsmeßgeräts, bei dem eine einzige Antenne 9 zum Senden und zum Empfangen von Mikrowellen dient.

5

Kernstück des Blockschaltbildes ist ein Mikrowellengenerator 13, der kontinuierlich Mikrowellen mit einer Frequenz größer 40 GHz erzeugt. Es ist ein mit einer Pulswiederholfrequenz schwingender Generator 41 vorgesehen, der mit einer Steuerschaltung 43 verbunden ist. Die Steuerschaltung 43 startet den Mikrowellengenerator 13 für ein sehr kurzes Zeitintervall, das der gewünschten Pulsdauer der zu sendenden Mikrowellenimpulse entspricht, und stoppt ihn dann wieder. Dieser Vorgang wiederholt sich mit der an der Steuerschaltung 43 anliegenden Pulswiederholfrequenz. Diese beträgt z.B. einige Megahertz. Der Mikrowellengenerator 13 ist über einen Richtkoppler oder Zirkulator 45 mit der Antenne 9 verbunden. Zusätzlich kann zwischen dem Mikrowellengenerator 13 und der Antenne 9 ein Filter 44 vorgesehen sein, der dazu dient, unerwünschte Frequenzen oder andere Signalkomponenten, wie sie z.B. durch die Steuerschaltung 43 auftreten können herauszufiltern.

Über die Antenne 9 gesendete Mikrowellen werden an der Füllgutoberfläche reflektiert und nach einer füllstandsabhängigen Laufzeit wieder von der Antenne 9 empfangen. Empfangene Mikrowellen werden über den Richtkoppler oder Zirkulator 45 der Empfangs- und Auswerteschaltung 15 zugeführt. Diese umfaßt eingangsseitig einen rauscharmen, linearen Verstärker 47. Es werden die empfangenen Mikrowellen verstärkt und einem ersten Eingang eines Mischers 49 zugeführt.

Der mit der Pulswiederholffrequenz schwingende Generator 41 ist über eine Zeitverzögerungsstufe 51 und einer zweiten identisch zur ersten Steuerschaltung 43 arbeitenden Steuerschaltung 53 mit einem zweiten Mikrowellengenerator 54 verbunden. Der zweite Mikrowellengenerator 54 ist identisch zu dem ersten Mikrowellengenerator 13 aufgebaut. Die Steuerschaltung 53 bewirkt, daß der zweite Mikrowellengenerator 54 mit der Pulswiederholffrequenz wiederkehrend Mikrowellenpulse erzeugt. Diese liegen an einem zweiten Eingang des Mischers 49 an. Die Zeitverzögerungsstufe 51 verzögert die eingehenden Signale um eine variable, z.B. gemäß einer Sägezahnfunktion endlicher Breite ansteigende Verzögerungszeit. Im Mischer 49 wird also einem durch eine füllstands-abhängige Laufzeit verzögerten Mikrowellensignal ein im wesentlichen formgleiches um eine variable Verzögerungszeit verzögertes Mikrowellensignal überlagert. Das am Ausgang des Mischers 49 zur Verfügung stehende Signal entspricht der Korrelation der an dessen beiden Eingängen eingehenden Mikrowellensignale. Es enthält einen hochfrequenten Anteil, der Frequenzen enthält, die im wesentlichen durch die Summe der an den Eingängen anliegenden Frequenzen gegeben ist und einen niederfrequenten Anteil, der Frequenzen enthält, die wesentlichen durch die Differenz der an den Eingängen anliegenden Frequenzen gegeben ist. Es wird mittels eines Tiefpasses 55 der niederfrequente Anteil herausgefiltert und über einen weiteren Verstärker 57 einer weiteren Verarbeitung und/oder Auswertung zugeführt. Es kann z.B. das Ausgangssignal mittels einer in Fig. 6 nicht dargestellten Abtast- und Halteschaltung aufgezeichnet und die jeweilige Signalamplitude zusammen mit der zugehörigen Verzögerungszeit aufgezeichnet werden. Eine Maximale Signalamplitude, also eine maximale Korrelation der am Mischer 49 anliegenden Mikrowellensignale tritt immer dann ein, wenn die Verzögerungszeit der füllstands-abhängigen

Laufzeit entspricht. Es kann somit die füllstands-abhängige Laufzeit errechnet werden. Sind die Einbauhöhe der Antenne 9 und die Abmessungen des Behälters 3 bekannt, ergibt sich hieraus unmittelbar der momentane Füllstand.

5

Fig. 7 zeigt ein Blockschaltbild eines erfindungsgemäßen Füllstandsmeßgeräts, dessen Funktionsweise identisch zu dem in Fig. 6 dargestellten Blockschaltbild ist. Es ist jedoch eine erste Antenne 9a, die ausschließlich zum Senden dient, und eine zweite Antenne 9b, die ausschließlich zum Empfangen dient vorgesehen. Entsprechend ist die erste Antenne 9a an den Mikrowellengenerator 13 angeschlossen. Der dem Mikrowellengenerator 13 vorgeschaltete mit der Pulswiederholfrequenz schwingende Generator 41 und die Steuerschaltung 43 bewirken, genau wie bei dem in Fig. 6 dargestellten Ausführungsbeispiel, die mit der Pulswiederholfrequenz wiederkehrende Aussendung von kurzen Mikrowellenpulsen. Auch hier kann zwischen dem Mikrowellengenerator 13 und der ersten Antenne 9a der Filter 44 vorgesehen sein. Die reflektierten Mikrowellen werden von der Antenne 9b empfangen und über den Verstärker 47 dem ersten Eingang des Mischers 49 zugeführt.

Der Generator 41 ist auch hier über die Zeitverzögerungsstufe 51 und die Steuerschaltung 53 mit dem zweiten Mikrowellengenerator 54, der identisch zu dem ersten Mikrowellengenerator 13 ausgebildet ist, verbunden. Die vom zweiten Mikrowellengenerator 54 abgegebenen kurzen Mikrowellenpulse liegen am zweiten Eingang des Mischers 49 an. Die weitere Verarbeitung der Ausgangssignale des Mischers 49 stimmt mit der zuvor in Verbindung mit dem in Fig. 6 dargestellten Ausführungsbeispiel beschriebenen Verarbeitung überein.

30

Patentansprüche

- 5 1. Mit Mikrowellen arbeitendes Füllstandsmeßgerät
zur Messung eines Füllstandes eines Füllgutes (11) in
einem Behälter (3) mit
- einem Mikrowellengenerator (13),
-- zur Erzeugung von Mikrowellen mit Frequenzen größer
40 GHz,
10 - einer von dem Mikrowellengenerator (13) gespeisten
Antenne (9, 9a), die dazu dient die Mikrowellen in
Richtung des Füllgutes zu senden,
- einer Antenne (9, 9b), die dazu dient an einer
Füllgutoberfläche reflektierte Mikrowellen zu
15 empfangen, und
- einer Empfangs- und Auswerteschaltung (15),
-- die eine Laufzeit der Mikrowellen ermittelt und
daraus den momentanen Füllstand bestimmt.
- 20 2. Mit Mikrowellen arbeitendes Füllstandsmeßgerät
nach Anspruch 1, bei dem der Mikrowellengenerator (13)
unmittelbar an der Antenne (9, 9a) angeordnet ist.
- 25 3. Mit Mikrowellen arbeitendes Füllstandsmeßgerät
nach Anspruch 1, bei dem der Mikrowellengenerator (13)
über einen passiven Wellenleiter (33) mit der Antenne
(9) verbunden ist.
- 30 4. Mit Mikrowellen arbeitendes Füllstandsmeßgerät
nach Anspruch 3, bei dem der passiven Wellenleiter
(33) ein Hohlleiter ist.

5. Mit Mikrowellen arbeitendes Füllstandsmeßgerät nach Anspruch 1, bei dem ein Produkt aus einer Apertur der Antenne und einer Wellenlänge der Mikrowellen deutlich kleiner als 500 mm^2 ist.

5

6. Mit Mikrowellen arbeitendes Füllstandsmeßgerät nach Anspruch 1, bei dem das Füllgut (11) ein Schüttgut ist, und bei dem die Wellenlänge der Mikrowellen in der Größenordnung einer mittleren Korngröße des Schüttguts liegt oder kleiner als diese ist.

10

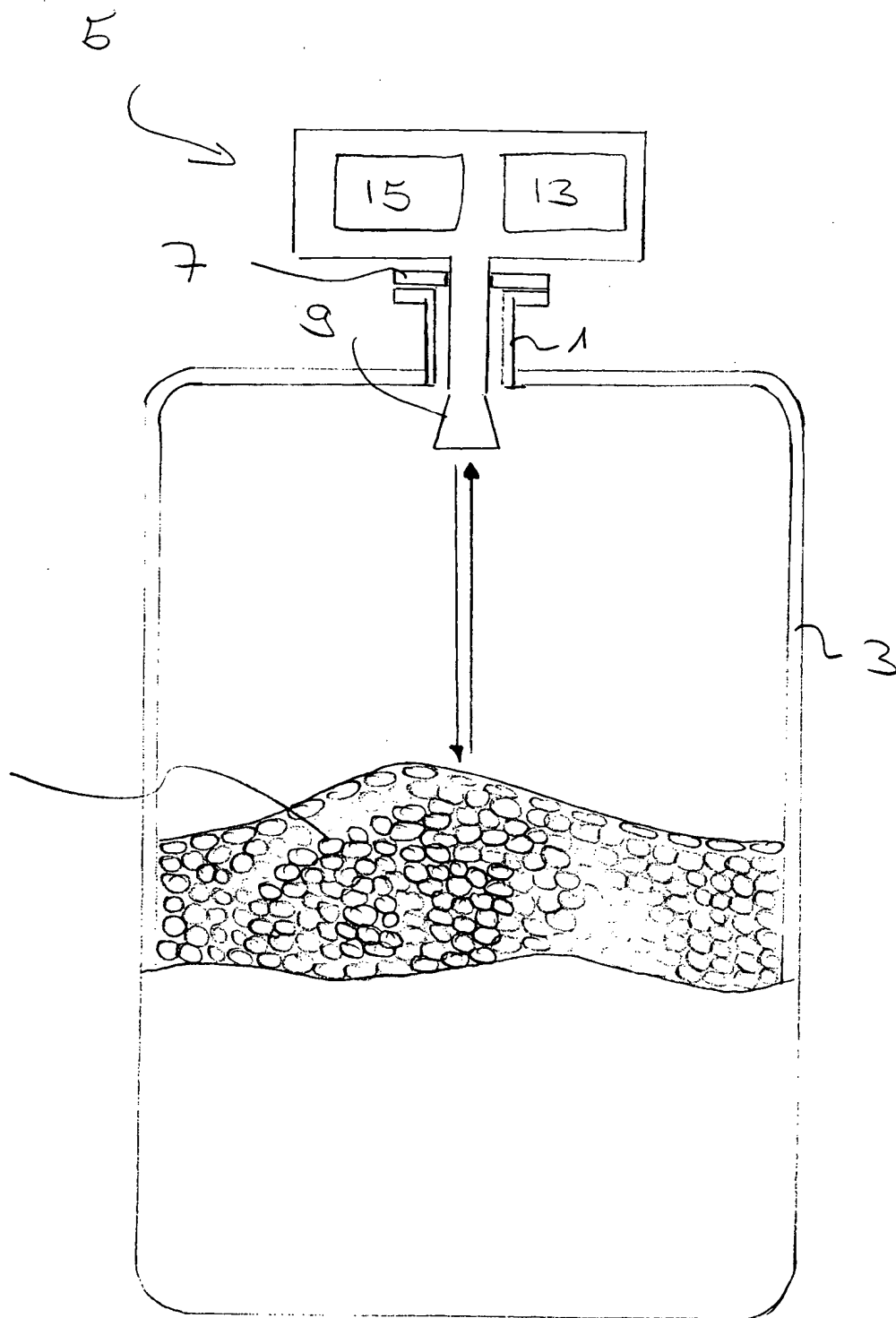
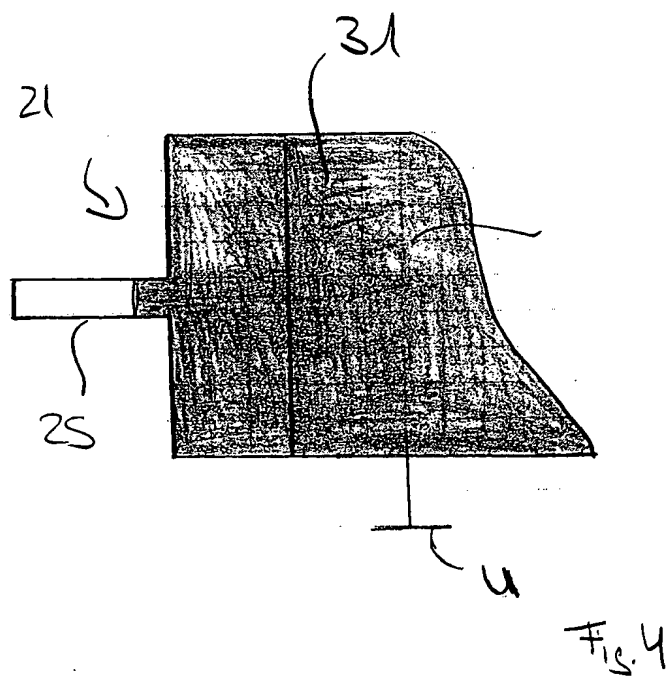
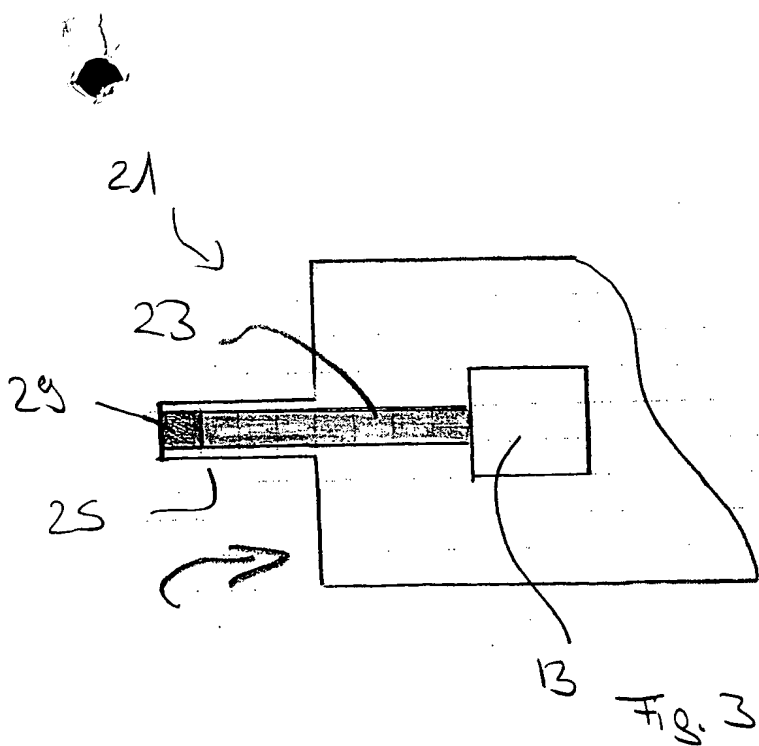
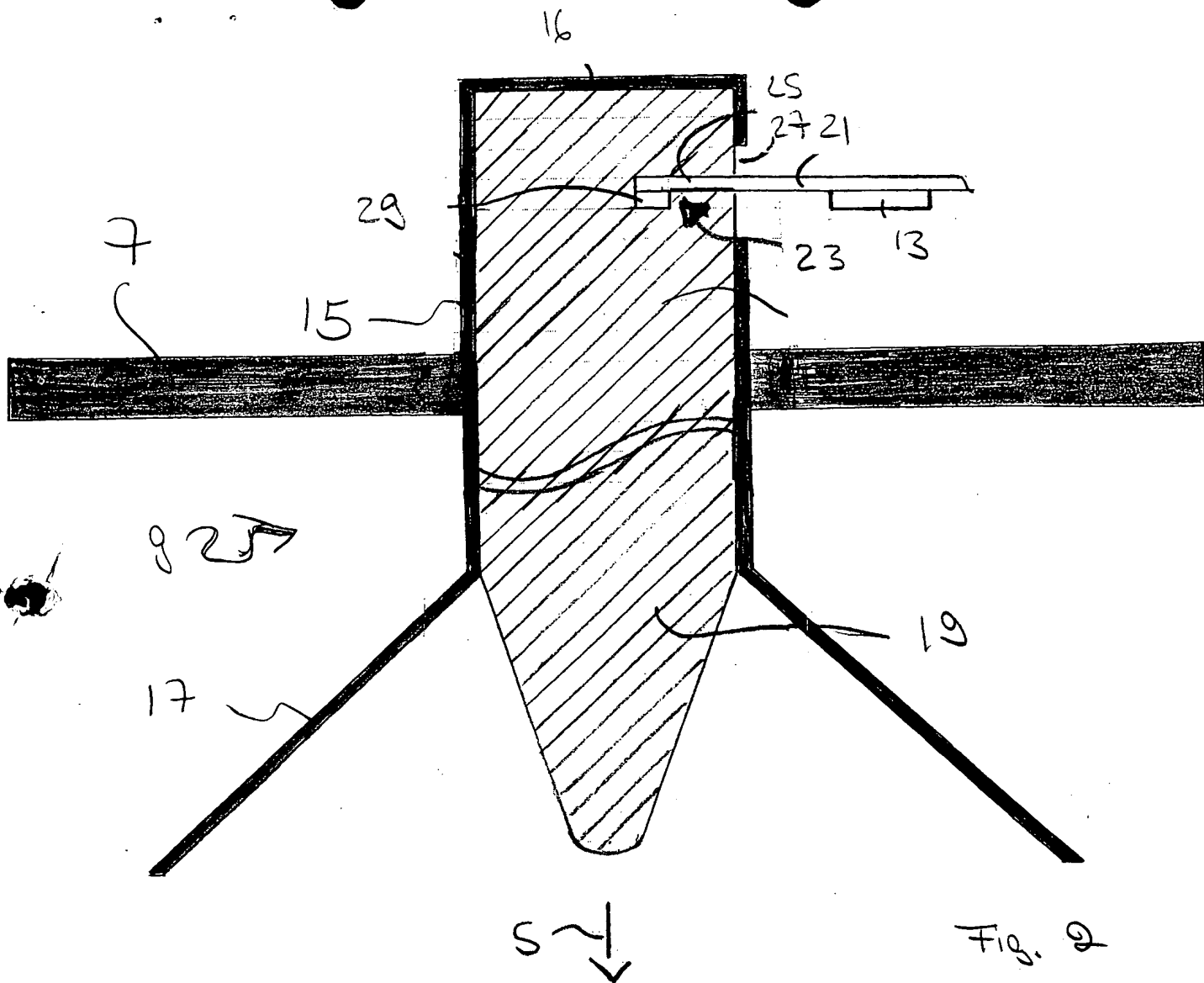


Fig. 1



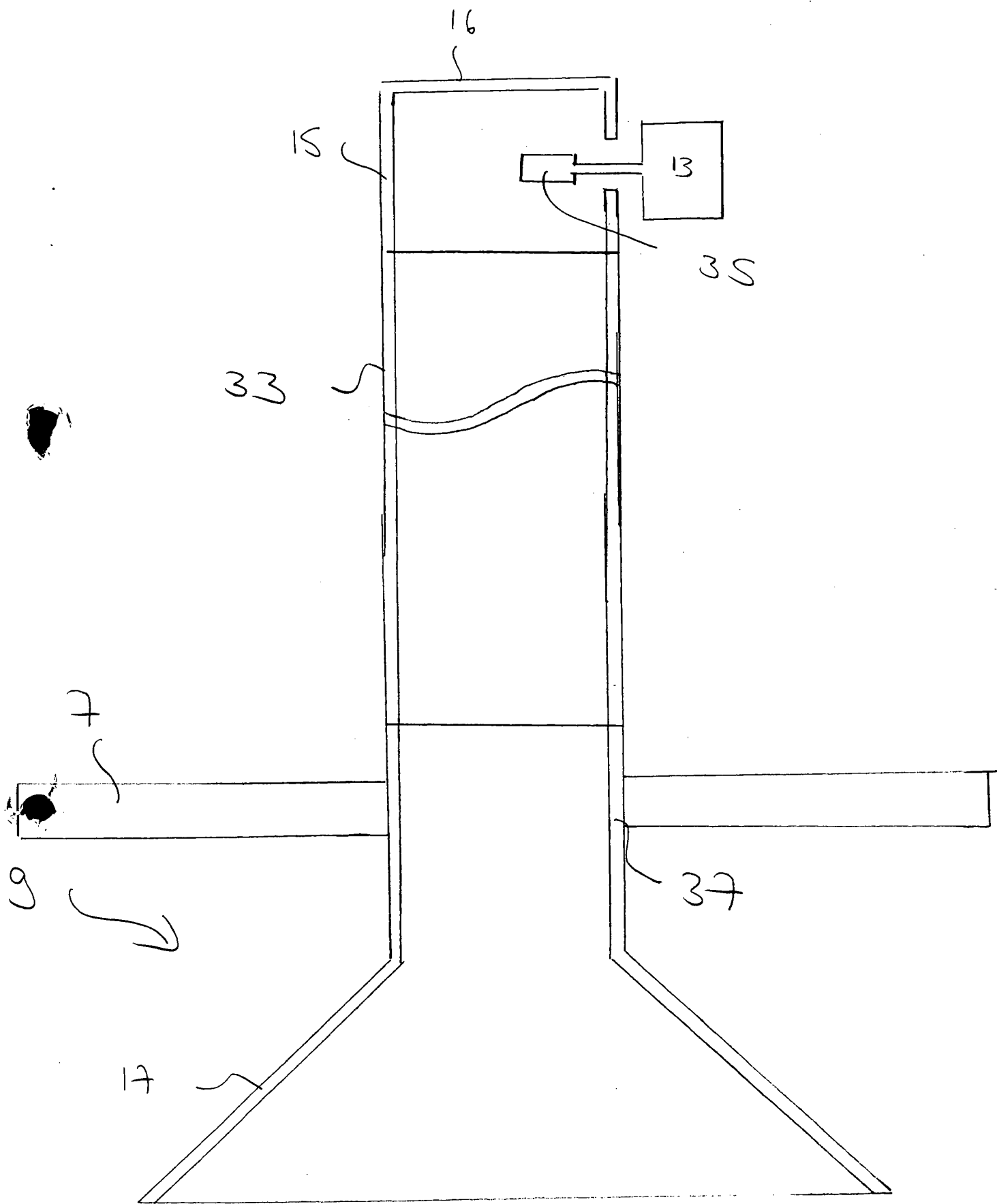


Fig. 5

Zusammenfassung**Füllstandsmessgerät**

5

Es ist ein mit Mikrowellen arbeitendes Füllstandsmessgerät angegeben, das im Betrieb in Senderichtung stark gebündelte Mikrowellen sendet und eine Antenne (9) mit einem geringen Platzbedarf aufweist, mit einem Mikrowellengenerator (13),
10 zur Erzeugung von Mikrowellen mit Frequenzen größer 40 GHz, einer von dem Mikrowellengenerator (13) gespeisten Antenne (9, 9a), die dazu dient die Mikrowellen in Richtung des Füllgutes zu senden, einer Antenne (9, 9b), die dazu dient an einer Füllgutoberfläche reflektierte Mikrowellen zu
15 empfangen, und einer Empfangs- und Auswerteschaltung (15), die eine Laufzeit der Mikrowellen ermittelt und daraus den momentanen Füllstand bestimmt.

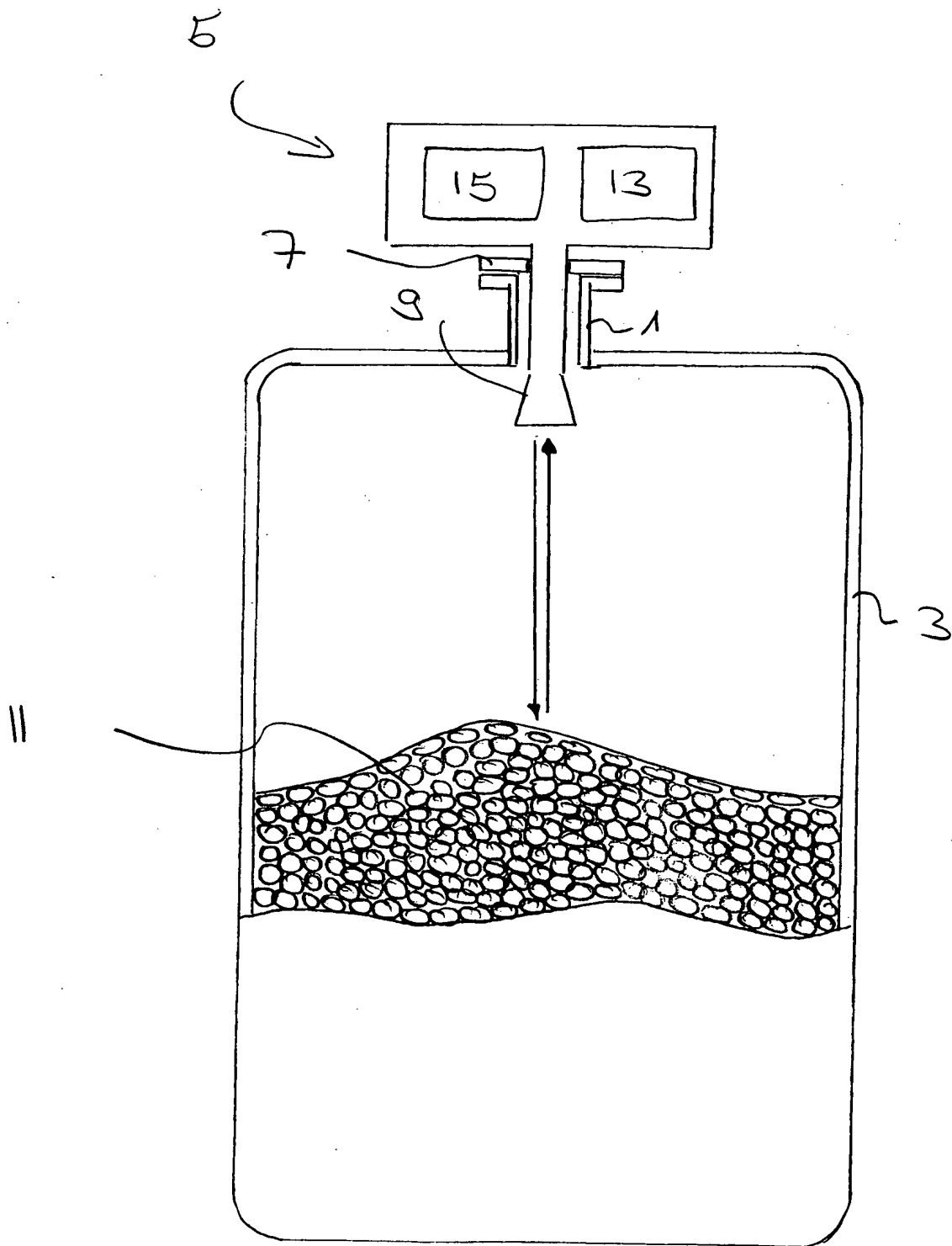


Fig. 1



Creation date: 01-16-2004
Indexing Officer: ARAHMANYAR - ABDUL RAHMANYAR
Team: OIPEScanning
Dossier: 10417418

Legal Date: 11-07-2003

No.	Doccode	Number of pages
1	PEFR	6
2	SPEC	19
3	REM	21
4	A.PE	1
5	CLM	3
6	DRW	5
7	OATH	6
8	REM	1

Total number of pages: 62

Remarks:

Order of re-scan issued on